



Penggunaan Katalis NaOH dalam Proses Transesterifikasi Minyak Kemiri menjadi Biodiesel

Farid Mulana

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Banda Aceh
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh – 23111
Email: farid.mulana@che.unsyiah.ac.id

Abstract

Research on biodiesel production from hazelnut oil by transesterification process using NaOH catalyst was one of the efforts for renewable energy research. The purpose of this study was to determine the effect of NaOH catalyst and the ratio of hazelnut oil to methanol on the production of biodiesel via transesterification process. The transesterification process was carried out in a stirred reactor equipped by a condenser with speed of 200 rpm, temperature of 60°C and the operating time of 90 minutes. The results indicated that biodiesel could be produced from hazelnut oil through transesterification process with the highest yield of 81.7% that was obtained on the use of 2% wt. of NaOH catalyst and the mole ratio of oil to methanol of 1:9. Viscosity, density, and acid number of biodiesel obtained in this study met the Indonesia National Standard for biodiesel as SNI 04-7182-2006, therefore hazelnut oil produced biodiesel could potentially be an alternative diesel fuel.

Keywords: hazelnut oil, biodiesel, transesterification, NaOH catalyst

1. Pendahuluan

Selama ini bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan energi seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara telah digunakan secara berlebihan untuk memenuhi kebutuhan perkembangan dunia. Sebagai bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui penggunaan bahan bakar ini secara terus menerus akan menyebabkan terjadi kelangkaan bahan bakar di masa yang akan datang. Untuk menghadapi masalah tersebut, para peneliti telah melakukan berbagai cara untuk mengefisienkan penggunaan bahan bakar fosil dan juga berusaha untuk menemukan bahan bakar alternatif. Ilmuwan meneliti untuk mencari jenis energi baru yang murah, mudah penanganan dan ramah lingkungan. Salah satu sumber energi yang tersedia sekarang yaitu penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar. Beberapa minyak nabati seperti minyak biji canola, minyak biji bunga matahari, minyak sawit, minyak biji karet, minyak jelantah, minyak biji kapas dan lain-lain dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel (Prihandana dkk., 2006; Farid, 2010; Vicente, dkk., 2005; Lee dkk., 2007; Ramadhas, 2005).

Pemanfaatan bahan bakar nabati tidak hanya berguna untuk menjadi substitusi dari energi berbasis minyak bumi yang makin terbatas ketersediaannya. Lebih dari itu, upaya pengembangan bahan bakar nabati akan mempercepat pengurangan pengangguran dan kemiskinan. Penggunaan minyak nabati

untuk bahan bakar sebenarnya telah dicoba sejak abad 19 ditandai dengan uji coba sebuah mesin oleh *Rudolf Diesel* pada tahun 1890 dengan menggunakan minyak kacang tanah (Ma and Hanna, 1999). Akan tetapi hal ini tidak berkembang lebih lanjut karena terjadi eksploitasi besar-besaran terhadap minyak bumi, sehingga menjadikan harga minyak bumi menjadi sangat murah dibandingkan harga minyak nabati. Isu sumber energi alternatif kemudian berkembang akhir-akhir ini seiring dengan semakin langkanya sumber minyak bumi dan harganya yang semakin mahal.

Studi literatur menunjukkan bahwa penelitian yang menggunakan minyak nabati jenis minyak kemiri sebagai bahan baku untuk proses pembuatan biodiesel telah dilakukan oleh Martin dkk. (2010), dan Sulistyio dkk. (2009). Sulistyio dkk. (2006) mereaksikan minyak kemiri mentah dengan etanol memakai katalisator KOH dan memperoleh konversi tertinggi 55%. Minyak kemiri mentah yang digunakan mengandung asam lemak bebas 13%. Untuk meningkatkan perolehan biodiesel maka asam lemak bebas harus di bawah 2% (Ma dan Hanna, 1999; Santacesaria dkk., 2007). Sulistyio dkk. (2006, 2009) terlebih dahulu menurunkan asam lemak bebas dalam bahan baku dengan mereaksikan dengan katalis asam sulfat agar selanjutnya dapat menghasilkan biodiesel dengan proses transesterifikasi langsung. Keberadaan asam lemak bebas yang tinggi dalam bahan baku pada saat proses transesterifikasi akan

menyebabkan terjadinya reaksi antara minyak dengan katalis membentuk sabun yang akan menghambat proses pemisahan metil ester dengan gliserol.

Oleh karena itu, pada proses pembuatan biodiesel dalam penelitian ini dengan bahan baku minyak kemiri apabila terdapatnya kandungan asam lemak bebas yang tinggi dalam bahan baku minyak kemiri maka perlakuan awal untuk menurunkan asam lemak bebas itu akan dilakukan sebelum dilanjutkan dengan proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa. NaOH merupakan katalis yang digunakan pada penelitian ini, dimana penggunaan katalis ini jauh lebih reaktif bila dibandingkan dengan menggunakan katalis KOH, hal ini disebabkan karena logam Natrium (Na) memiliki kereaktifan yang lebih tinggi dibandingkan Kalium (K). Di Provinsi Aceh yang merupakan salah satu daerah sentra produksi kemiri tersedia secara melimpah sehingga sangat layak digunakan sebagai bahan baku alternatif untuk dapat menghasilkan biodiesel. Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh persentase katalis NaOH (% berat) dan rasio minyak kemiri terhadap metanol yang digunakan dalam menghasilkan biodiesel dengan proses transesterifikasi minyak kemiri.

2. Metodologi

2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: labu leher tiga (Pyrex, 1 L), kondenser (Corning), pengaduk dan motor pengaduk (Fisher Scientific), timbangan digital (Metler Toledo), corong pemisah (1 L), erlenmeyer (Pyrex, 200 dan 250 ml), labu takar (Pyrex, 250 ml), gelas ukur (pyrex, 100 ml), *hot plate*/penangas air (model MH800), pendingin beker gelas, pipet volume, cawan porselen, statip dan klem, viscometer Cannon-Fanske, piknometer 25 ml dan buret. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah: minyak kemiri yang dibeli dari pabrik ekstraksi kemiri di Kota Solo, metanol (pro-analisis), natrium hidroksida, indikator PP, *Aluminium foil*, aquades dan kertas saring (Whatman).

2.2 Kondisi Penelitian

Kondisi dan variabel proses dalam penelitian ini adalah: konsentrasi katalis NaOH (% berat minyak): 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5, dan rasio mol minyak terhadap metanol: 1:8 ; 1:9 ; 1:10 ; 1:11. Variabel tetap yang diobservasi

berupa kecepatan putaran pengaduk: 200 rpm, temperatur operasi: 60°C, dan waktu operasi: 90 menit.

Pengamatan difokuskan pada perolehan *yield* biodiesel yang dihasilkan, komposisi metil ester pada biodiesel dengan menggunakan *Gas Chroma-tography* (GC), dan kualitas biodiesel berdasarkan SNI-04-7182-2006 dengan membatasi pada pengukuran viskositas, densitas dan bilangan asam.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Prosedur Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi dilakukan pada sebuah reaktor labu (labu leher tiga) yang dilengkapi dengan pemanas listrik, pengaduk dan tempat pengambilan sampel. Mula-mula diisi minyak kemiri ke dalam labu dan dipanaskan sampai suhu 60°C, selanjutnya dicampurkan dengan metanol yang telah dilarutkan dengan katalis NaOH di dalamnya, kemudian motor pengaduk diatur putarannya sebesar 200 rpm. Reaksi dilakukan selama 90 menit dan setelah reaksi selesai, pengadukan dan pemanasan dihentikan dan didinginkan sampai suhu kamar.

2.3.2 Prosedur Pemisahan

Pada corong pemisah, campuran hasil reaksi didiamkan selama lebih kurang 12 jam untuk mencapai terjadinya proses pemisahan yang sempurna antara dua fasa cair. Cairan bagian atas dipisahkan dari cairan bagian bawah (lapisan gliserol) dengan metode dekantasi dan cairan bagian bawah dialirkan keluar sehingga hanya cairan ester yang tinggal dalam corong pemisah. Metanol yang tidak bereaksi terdistribusi pada kedua lapisan.

2.3.3 Prosedur Pencucian

Lapisan ester diperkirakan masih mengandung metanol sehingga perlu dilakukan pencucian. Larutan ester diisi ke dalam kolom gelas. Pencucian dilakukan dengan menggunakan air hangat (50°C) yang diaduk selama 15 menit dan didiamkan sampai diperoleh lapisan ester (biodiesel) yang berwarna kuning jernih. Selama proses pencucian, sejumlah ester membentuk emulsi dengan air, sehingga diperlukan waktu 7-12 jam untuk mendapatkan pemisahan yang sempurna antara lapisan ester (biodiesel) dan lapisan air yang membawa sisa metanol.

2.4 Analisis Karakteristik Biodiesel

1. Komposisi

Komposisi metil ester dalam sampel dianalisis dengan GC di Balai Penelitian dan Pengembangan Kelapa Sawit (BPPKS) Medan.

2. Yield

Yield adalah perbandingan terhadap banyaknya biodiesel yang diperoleh dengan jumlah minyak kemiri yang digunakan. Yield dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Yield} = \frac{\text{Berat biodiesel}}{\text{Berat minyak}} \times 100 \%$$

3. Viskositas, pengukuran sesuai standar ASTM D445

Viskositas didefinisikan sebagai kekentalan suatu zat, yaitu biodiesel. Untuk menghitung viskositas metil ester digunakan alat *viscometer Cannon-Fanske*. Sampel dimasukkan melalui lubang masukan sampai mencapai batas paling bawah dari *viscometer Cannon-Fanske*. Kemudian dicatat waktu yang dibutuhkan sampel untuk mencapai batasan diatasnya.

4. Densitas

Pengukuran densitas biodiesel pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *picnometer* yang bervolume 25 mL.

5. Bilangan asam; diukur menurut standar ASTM D664.

Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas, serta dihitung berdasarkan berat molekul asam lemak atau campuran asam lemak. Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah milligram KOH 0,1 N yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proses Pengolahan Awal

Minyak kemiri yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel mempunyai kandungan asam lemak bebas sekitar 5,4% sehingga agar dapat digunakan secara langsung pada proses transesterifikasi maka harus diturunkan kandungan asam lemak bebasnya dengan menggunakan katalis

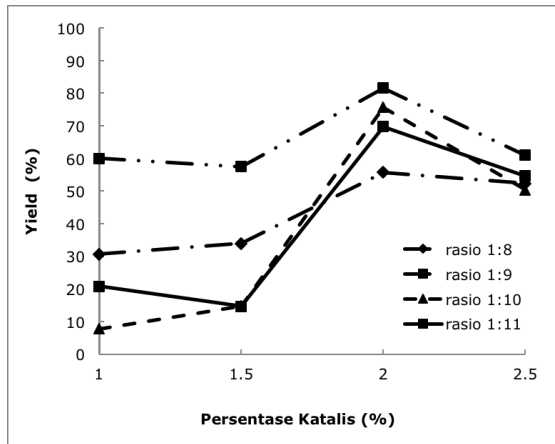
asam sulfat pada temperatur 65 °C selama 1 jam. Hasil perlakuan awal menunjukkan bahwa asam lemak bebas dapat diturunkan menjadi 0.9% sehingga selanjutnya dapat dilakukan proses transesterifikasi langsung. Ma dan Hanna (1999) dan Ramadhas dkk. (2005) menyebutkan bahwa minyak ber kandungan asam lemak rendah (<2%—FFA) sesuai digunakan untuk bahan baku pada reaksi transesterifikasi. Bahan baku minyak dengan kandungan asam lemak rendah jika digunakan sebagai bahan baku pada reaksi transesterifikasi yang berkatalis basa, maka asam lemak akan bereaksi dengan katalis membentuk alkil ester, dan akan meningkatkan yield biodiesel (Mittlebach dkk., 2004).

3.2 Pengaruh Katalis dan Konsentrasi Reaktan terhadap Yield Biodiesel

Gambar 1 memperlihatkan hubungan antara persentase katalis NaOH yang digunakan terhadap yield biodiesel yang diperoleh. Pada penelitian ini digunakan pelarut metanol untuk mereaksikan minyak kemiri, atau lebih dikenal dengan reaksi alkoholisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa yield biodiesel mencapai nilai maksimal untuk semua rasio minyak dan metanol yang diperoleh saat penggunaan katalis NaOH 2% berat minyak. Semakin besar konsentrasi katalis pada campuran maka semakin cepat reaksi itu berlangsung. Penggunaan katalis yang melebihi 2% berat akan mengakibatkan penurunan nilai yield. Hal ini disebabkan karena terbentuknya dimetil eter antara metanol dan NaOH berlebih tersebut. Selain itu, katalis basa yang berlebih juga akan terikut pada lapisan organik, sehingga asam lemak bebas yang terkandung dalam bahan baku akan bereaksi dengan katalis NaOH berlebih dan membentuk reaksi saponifikasi yang dapat menghambat pembentukan metil ester yang diharapkan. Sabun dari hasil transesterifikasi akan meningkatkan viskositas dari biodiesel dan mengganggu pemisahan gliserol dan juga turunnya yield metil ester (Ramadhas dkk., 2005; Ashwath, 2010).

Perbandingan molar alkohol yang lebih besar terhadap minyak akan berpengaruh pada pemisahan gliserol (Marchetti dkk., 2007). Ini menunjukkan bahwa rasio yang lebih rendah akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk membentuk biodiesel dengan yield yang tinggi. Dengan perbandingan molar yang lebih besar akan meningkatkan konversi tetapi akan mempersulit proses pemisahan gliserol yang terbentuk dari hasil samping reaksi. Dari Gambar 1 dapat kita

lihat bahwa pada rasio 1:8, 1:9, 1:10, dan 1:11, yield biodiesel yang paling besar diperoleh pada saat penggunaan katalis NaOH sebesar 2% berat yaitu masing-masing adalah 55,7%, 81,7%, 75,8%, dan 69,8%.



Gambar 1. Hubungan antara persentase katalis (%) dan rasio mol minyak:alkohol (1:8, 1:9, 1:10 dan 1:11) terhadap yield biodiesel yang dihasilkan.

3.3 Hubungan komposisi asam lemak pada berbagai variasi katalis yang digunakan

Pengaruh persentase katalis NaOH (%) terhadap komposisi asam lemak lemah dalam berbagai sampel ditabulasikan dalam Tabel 1. Dapat dilihat bahwa setiap sampel biodiesel pada berbagai variasi persentase katalis NaOH memiliki komposisi asam lemak bebas yang berbeda satu dengan lainnya. Secara umum komposisi yang mendominasi dalam sampel tersebut adalah asam laurat, asam miristat dan palmitat. Data analisis GC menunjukkan bahwa asam laurat (C12) mendominasi komposisi sampel pada penggunaan katalis 1% berat dan 1,5% berat yang masing-masing memiliki kadar asam laurat sebesar 50,07% dan 49,84%. Namun demikian komposisi asam laurat mengalami penurunan secara drastis pada penggunaan katalis 2% berat yaitu menjadi hanya sebesar 0,41%. Penurunan yang drastis ini juga terjadi pada komposisi asam miristat (C14). Sebaliknya komposisi asam palmitat (C16) dalam asam lemak bebas mengalami kenaikan yang agak besar yaitu dari 12,43% pada katalis 1% berat menjadi 43,49% pada katalis 2% berat. Hal yang sama juga terjadi untuk kandungan asam stearat (C18) asam arakidat (C20) dan asam behenat (C22) yang mengalami kenaikan dengan penambahan persentase katalis. Jadi

penambahan katalis NaOH yang berlebih akan menyebabkan penurunan kadar asam lemak yang berantai pendek (asam laurat dan asam miristat) dan menaikkan kadar asam lemak yang berantai panjang (asam palmitat, asam stearat, asam arakidat, dan asam behenat).

Tabel 1. Tabulasi komposisi asam lemak bebas yang terkandung dalam biodiesel berdasarkan hasil analisis dengan GC.

Asam Lemak Bebas	Persentase Katalis		
	1%	1,5%	2%
Asam Lemak Jenuh			
Asam Oktanoat (C8)	6,05	6,09	0,00
Asam Kaprat (C10)	5,83	5,95	0,00
Asam Laurat (C12)	50,07	49,84	0,41
Asam Miristat (C14)	17,0	17,11	0,85
Asam Palmitat (C16)	12,43	12,65	43,5
Asam Lemak tak Jenuh			
Asam Stearat (C18)	4,04	3,78	9,84
Asam Oleat (C18:1)	9,80	9,81	4,94
Asam Linoleat (C18:2)	3,70	3,73	32,3
Asam Linoleat (C18:3)	0,85	0,84	0,99
Asam Arakidat (C20)	0,00	0,00	6,79
Asam Behenat (C22)	0,00	0,00	4,14

Persentase katalis NaOH yang digunakan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pembentukan asam lemak dalam biodiesel yang dihasilkan. Pembentukan asam lemak dengan rantai terpendek, yakni asam laurat dan asam miristat telah mencapai kesetimbangan pada penggunaan katalis 1,5% dan apabila dilakukan terus penambahan katalis maka akan menghambat serta menurunkan kadar asam lemak tersebut. Namun, hal sebaliknya terjadi pada asam lemak palmitat C16, stearat C18, arakidat C20 dan behenat C22, dimana penambahan katalis akan meningkatkan kadar asam lemak tersebut. Penambahan katalis akan semakin mudah tercapainya kesetimbangan pembentukan asam-asam lemak tersebut di dalam biodiesel (Fessenden dan Fessenden, 2006).

3.4 Karakteristik Biodiesel dari Minyak Kemiri

Biodiesel yang diperoleh dibandingkan karakteristiknya dengan standar biodiesel yang dikeluarkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI). Beberapa karakteristik yang ingin dibandingkan terhadap kedua standar ini meliputi densitas, viskositas, bilangan asam dan warna.

Tabel 2. Karakteristik biodiesel minyak kemiri terhadap standar SNI

Spesifikasi	Biodiesel minyak kemiri	Standar Biodiesel SNI 04-7182	Minyak Diesel
Densitas (g/cm ³)	0,85–0,905	0,85–0,89	0,85
Viskositas (cSt)	4,33–5,86	2,3–6	1,3–4,1
Bilangan Asam	0,42–0,67	Maks.0,8	0,35

Berdasarkan hasil uji yang diperoleh seperti tertera dalam Tabel 2, dapat diketahui bahwa densitas, viskositas dan bilangan asam dari biodiesel yang diperoleh dari transesterifikasi minyak kemiri dengan menggunakan katalis NaOH sudah memenuhi karakteristik sebagaimana yang dikeluarkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI).

Warna biodiesel dari hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 dimana biodiesel yang diperoleh dari hasil transesterifikasi minyak biji kemiri memiliki tampilan warna kuning terang. Warna yang dihasilkan pada biodiesel merupakan pengaruh dari kadar betakaroten dan mineral-mineral yang sangat kecil dan tidak berpengaruh pada kualitas biodiesel. Jika dibandingkan biodiesel yang dihasilkan dari beberapa sumber trigliserida lainnya (Ashwath, 2010) maka tingkat biodiesel dari penelitian ini memiliki kejernihan yang sama.

**Gambar 2.** Warna biodiesel dari minyak kemiri dari beberapa perlakuan

4. Kesimpulan

Yield biodiesel terbaik diperoleh pada penggunaan katalis NaOH 2% berat pada setiap perbandingan mol reaktan dengan persentase yield melebihi 50%. Viskositas, densitas dan bilangan asam biodiesel yang diperoleh dalam penelitian ini masing-masing berkisar 4,33–5,86 cSt, 0,85–0,905 gram/cm³ dan 0,42–0,67. Semua nilai

tersebut sudah memenuhi karakteristik sebagai- mana Standar Nasional Indonesia (SNI) 04-7182-2006. Hasil analisa GC untuk biodiesel dari minyak kemiri diketahui banyak mengandung asam lemak, yang dominan diantaranya asam laurat, asam miristat dan asam palmitat dengan kadar yang berbeda-beda.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala yaitu Fakhri Kamal dan Imran, atas bantuan dan kerjasamanya dalam pelaksanaan penelitian ini dan juga terima kasih kepada Jurusan Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala.

Daftar Pustaka

- Ashwath, N. (2010) *Evaluating Biodiesel Potential of Australian Native And Naturalised Plant Species*, RIRDC Publication No. 10/216, ISBN 978-1-74254-181-5.
- Farid, M., Aisyah C., Z. J. (2010) Proses pembuatan biodiesel dari minyak biji kapas dengan menggunakan metode Transesterifikasi, *Procees-dings of the National Conference on Chemical Engineering Science and Application (ChESA)*, ISSN: 1693-3044.
- Fessenden, R. J. dan Fessenden, J. S. (2006) *Kimia Organik*, edisi 4, Airlangga, Jakarta.
- Ma, F. and Hanna, M. A. (1999) Biodiesel Production: a review, *Bioresource Technology*, 70, 1-15.
- Vicente, G., Martinez, M., Aracil, J., Esteban, A. (2005) Kinetics of Sunflower Oil Methanolysis, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 44, 5447-5454.
- Sulistyo, H., Rahayu, S. S., Suardjaja, I. M., Winoto, G. (2009) Biodiesel production from high iodine number candlenut oil, *International Journal of Chemical and Biological Engineering*, 2(2), 62-65.
- Sulistyo, H., Suardjaja, I. M., Rahayu, S. S. (2006) Transesterification of candlenut oil with ethanol to biodiesel, *Proceeding on Regional Symposium on Chemical Engineering (RSCE 2006)*, Singapore.
- Marchetti, J. M., Miguel, V.U., Errazu, A.F.

- (2007) Possible methods for biodiesel production, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11, 1300-1311.
- Lee, K., Yu, J. X., Mei, J. H., Yan, L., Kim, Y., Chung, K. (2007) A kinetic study on the of glyceril monooleate and soybean used frying oil to biodiesel, *J. Ind. Eng. Chem.*, 13, 799-807.
- Mittlebach, Remschmidt, Claudia (2004) *Biodiesel The Comprehensive Handbook*, Boersedruck Gm.bH, Vienna.
- Prihandana, R. H, Hendroko, R., Nuramin, N., (2006) *Menghasilkan Bio-diesel Murah*, Penerbit Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Ramadhas, A.S., Jayaraj, S., Muraleedharan, C. (2005) Biodiesel production from high FFA rubber seed oil, *fuel*, 84, 335-340.
- Santacesaria, E., Tesser, R., Serio, M. D., Guida, M., Galtano, D., Agreda, A.G. (2007) Kinetics and mass transfer of free fatty acid esterification with methanol in a turbular packed bed reactor, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 46, 5113-5121.

REKAYASA